

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з дисципліни

«ВОДОПІДГОТОВКА В СИСТЕМАХ ТГП і В»

*(для студентів 6 курсу заочної форми навчання та слухачів другої вищої освіти
спеціальностей 7.092108, 8.092108
(7.06010107, 8.06010107) «Теплогазопостачання і вентиляція»)*

Харків
ХНАМГ
2012

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «ВОДОПІДГОТОВКА В СИСТЕМАХ ТГП І В» (для студентів 6 курсу заочної форми навчання та слухачів другої вищої освіти спеціальностей 7.092108, 8.092108 (7.06010107, 8.06010107) «Теплогазопостачання і вентиляція») / Хark. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: В. О. Ткачов, І. М. Чуб; - Х. : ХНАМГ, 2012. – 25 с.

Укладачі: В. О. Ткачов, І. М. Чуб.

Рецензент: к.т.н., доц. О. В. Ромашко

*Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очищення вод,
протокол засідання № 1 від 30.08.2011 р.*

ЗМІСТ

	стр.
Вступ	4
1. Розділ I. Освітлення води фільтруванням.....	5
Приклади задач за розділом I.....	6
Варіанти задач для вирішення за розділом I.....	9
2. Розділ II. Обробка води реагентами – осадкоутворювачами.....	10
Приклади задач за розділом II.....	12
Варіанти задач для вирішення за розділом II	14
3. Розділ III. Обробка води методом іонного обміну	16
Приклади задач за розділом III.....	19
Варіанти задач для вирішення за розділом III.....	21
Список джерел.....	24

ВСТУП

Водопідготовка в системах ТГП і В вивчає сучасні методи обробки води, новітні технологічні та апаратурні рішення, устрій, принцип дії, засоби розрахунку установок та схем водопідготовки.

Вода в енергетиці використовується в процесі виробництва електроенергії як теплоносієм робочого тіла, сповільнювач нейтронів, розчинник, транспортер твердих продуктів і т. ін. Обсяги води, які використовуються в енергетиці, величезні - більше за 50% промислового споживання води в Україні. В залежності від призначення води обирається відповідна технологічна схема її обробки або очищення. У всіх випадках сира вода, що використовується, проходить відповідну обробку, проте найбільш суворі вимоги висуваються до якості води, яка служить для заповнення контуру паротурбінної установки та підпитування його в процесі експлуатації.

Розрізняють безреагентні (фізичні, наприклад, термічна обробка води) та реагентні (з використанням хімічних реагентів) методи обробки води. Використовуючи хімічну обробку води (враховуючи методи іонного обміну) можна отримати як зм'якшену так й глибокознесолену воду. Проте вибір методу обробки води, розробка загальної схеми технологічного процесу при використанні різних методів, визначення вимог, що пред'являються до її якості, суттєво залежать від складу природної води, типу електростанції, параметрів її, обладнання, що використовується (парові котли, турбіни), системи теплофікації та гарячого водопостачання.

У методичних вказівках наведено приклади типових задач з дисципліни “ Водопідготовка в системах ТГП і В ”. Після кожної розв'язаної задачі у таблицях містяться вихідні дані для самостійного вирішення. Розв'язування задач допомагає більш ефективно засвоїти теоретичні знання.

РОЗДІЛ І

ОСВІТЛЕННЯ ВОДИ ФІЛЬТРУВАННЯМ

Освітлення води фільтруванням широко використовується в технології обробки води. Для цього воду, що підлягає освітленню, фільтрують через шар зернистої речовини (кварцового піску, подрібненого антрациту, керамзиту та ін.), яка завантажується до фільтру.

Якщо позначити продуктивність фільтрувальної установки брутто Q_{δ} , м³/ч, нетто Q_n і розхід води на її власні потреби $q_{c.n}$, то

$$Q_{\delta} = Q_n + q_{c.n}. \quad (1.1)$$

Необхідна для отримання цієї кількості води площа фільтрування визначиться:

$$F_0 = \frac{24Q_{\delta}}{v_0(24 - n_0t_0)} = \frac{Q_{\delta}}{v_0} K_0, \quad (1.2)$$

де: v_0 – швидкість фільтрування, яка приймається в межах 5 -10 м/ч;

n_0 – кількість промивань фільтру на добу (не більше за 3);

t_0 – час простою фільтру у промивці, зазвичай біля 30-45 хв.

Коефіцієнт

$$K_0 = \frac{24}{24 - n_0t_0} \quad (1.3)$$

облічує простій фільтрів під час промивання. Кількість фільтрів, що встановлюються m_0 , буде визначатися:

$$m_0 = \frac{F_0}{0,785d_{\phi}^2} = \frac{K_0Q_{\delta}}{0,785d_{\phi}^2v_0}, \quad (1.4)$$

де: d_{ϕ} – діаметр фільтру, м.

В свою чергу,

$$n_0 = \frac{24}{T_0 + t_0}, \quad (1.5)$$

$$T_0 = \frac{h_0\Gamma_p \cdot 10^3}{v_0C_{\epsilon}}, \quad (1.6)$$

де: T_0 – міжпромивний період, год;

Γ_p – грязеемність фільтруючого матеріалу, кг/м³;

C_{ϵ} – концентрація суспендованих речовин у воді, що фільтрується, мг/л.

Значення Γ_p може змінюватися у широких межах в залежності від характеру суспендованих речовин, їхнього фракційного складу, фільтруючого матеріалу і т.ін. При розрахунках можна приймати $\Gamma_p = 3 \div 4$ кг/м³, у середньому 3,5 кг/м³. Значення Γ_p може бути підраховано

$$\Gamma_p = \frac{q_0C_{\epsilon}}{h_0f_0 \cdot 10^3}, \quad (1.7)$$

де: q_0 – кількість води, освітленої за фільтроцикл, м³;

f_0 – площа фільтру, м^2 ;

h_0 – вишина шару фільтруючого матеріалу, м.

Водопідготовча установка може бути вкомплектована фільтрами різної кількості і продуктивності, однак доцільно встановлювати меншу кількість фільтрів, тому що це дозволяє скоротити кількість арматури, фланців, тобто елементів, які знижують надійність.

Середня фактична продуктивність фільтру q_{cp} за міжрегенераційний період дорівнює

$$q_{cp} = \frac{v_0 f (T_0 + t_0)}{T_0}. \quad (1.8)$$

Значення обсягів води для власних потреб освітлювальних фільтрів у відсотках до вихідної води обчислюється

$$q'_{c.n} = 2 + \frac{0,4C_e}{\Gamma_p h_0}. \quad (1.9)$$

Кількість води, яка потрібна на промивання зернистого освітлювального фільтру q_n , м^3 , визначається

$$q_n = \frac{3,6 \cdot i_0 \cdot f_0 \cdot t'_0}{60}, \quad (1.10)$$

де: i_0 – інтенсивність промивання, $\text{л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

f_0 – площа перерізу фільтра, м^2 ;

t'_0 – час промивання, хв.

ПРИКЛАДИ ЗАДАЧ ЗА РОЗДІЛОМ I

Задача 1.1.

Проектується водопідготувальна установка продуктивністю брутто $850 \text{ м}^3/\text{год}$. Вихідна вода містить $60 - 80 \text{ мг/л}$ суспендованих речовин. Визначити кількість фільтрів, їхню продуктивність та інші техніко-економічні показники установки.

Рішення. Будемо використовувати освітлювальні фільтри з вишиною шару фільтруючого матеріалу $0,9 \text{ м}$. Приймаємо грязеємність дорівнюючою 4 кг/м^3 , швидкість фільтрування 5 м/год . Міжпромивний період визначаємо (1. 6):

$$T_0 = \frac{4 \cdot 0,9 \cdot 10^3}{5 \cdot 80} = 9 \text{ год.}$$

Кількість промивань на добу визначаємо за (1.5):

$$n_0 = \frac{24}{9 + 0,5} = 2,5.$$

Необхідну загальну площу фільтрування знайдемо за (1.2):

$$F_0 = \frac{24 \cdot 850}{5(24 - 2,5 \cdot 0,5)} = 180 \text{ м}^2.$$

Приймаємо до встановлення фільтри діаметром $3,4 \text{ м}$ з площею 9 м^2 . Їхня

кількість буде дорівнювати $180 / 9 = 20$ шт. Додатково в розгляданому випадку для регенерації слід передбачити один фільтр і у випадку ремонту – також один фільтр. Загалом необхідно було б встановити 22 апарати. Таку кількість фільтрів встановлювати недоцільно. Для зменшення їхньої кількості слід встановити трьохкамерні фільтри діаметром 3 м і площею перерізу 21 м^2 . Їх необхідно $180 / 21 = 9$ шт., плюс один для регенерації та один резервний, всього 11 шт.

Власні потреби, виходячи з (1.9) будуть дорівнювати

$$q'_{c.n} = 2 + \frac{0,4 \cdot 80}{4 \cdot 0,9} = 10,9 \text{ \%},$$

що складає $93 \text{ м}^3/\text{год}$. Отож кількість освітленої води (продуктивність нетто) буде дорівнювати $750 \text{ м}^3/\text{год}$. На обробку цієї кількості води необхідно розрахувати наступний ступень водопідготовчої установки (катіонітові фільтри I ступеню).

Задача 1.2.

Фільтрувальна установка містить $m_0 = 12$ однокамерних одношарових фільтрів діаметром 2,6 м з вишиною шару 0,9 м. Вихідна вода має концентрацію суспендованих речовин: а) $71,6 \text{ мг/л}$ взимку та влітку; б) 120 мг/л навесні та восени. Визначити, яку кількість освітленої води можна отримати від цієї установки.

Рішення. Приймаємо, що фільтри повинні працювати з такою інтенсивністю, щоб кількість промивань на добу не перевищувала трьох. Виходячи з цього тривалість фільтроциклу буде складати при $t_0 = 0,5 \text{ год}$ за (1.5):

$$T_0 = \frac{24}{n_0 + t_0} = \frac{24}{3 - 0,5} = 7,5 \text{ год}.$$

Швидкість фільтрування визначається (1. 6):

$$a) \quad v_0 = \frac{0,9 \cdot 4 \cdot 10^3}{7,5 \cdot 71,6} = 6,7 \text{ м/год};$$

$$б) \quad v_0 = 4,0 \text{ м/год}.$$

Продуктивність бруто визначається (1.4):

$$a) \quad Q_0 = \frac{12 \cdot 5,3 \cdot 6,7}{1,07} = 400 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$б) \quad Q_0 = 340 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Власні потреби установки складуть:

$$a) \quad q'_{c.n} = 2 + \frac{0,4 \cdot 71,6}{4 \cdot 0,9} = 10 \text{ \%};$$

$$б) \quad q'_{c.n} = 15,5 \text{ \%}.$$

Продуктивність установки по освітленій воді дорівнює:

$$a) \quad 400 \cdot (1 - 0,1) = 360 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$б) \quad 340 \cdot (1 - 0,155) \approx 300 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Задача 1.3.

Визначити добовий розхід води на промивання $m_0 = 8$ однокамерних одношарових фільтрів діаметром 3 м, якими обладнана фільтрувальна установка з

загальною продуктивністю всіх фільтрів $280 \text{ м}^3/\text{год}$. Інтенсивність промивання $12 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, час промивання 6 хв , кількість промивань на добу – дві.

Рішення. Необхідна для отримання цієї кількості води площа фільтрування з урахуванням кількості фільтрів визначається (1.4)

$$F_0 = 0,785 \cdot 3^2 \cdot 8 = 56,5 \text{ м}^2$$

Кількість води, яка йде на промивання фільтрів q_n , м^3 , залежить від площі фільтрування і визначається (1.10):

$$q_n = \frac{3,6 \cdot i_0 \cdot f_0 \cdot t'_0}{60} = \frac{3,6 \cdot 12 \cdot 56,5 \cdot 6}{60} = 244,8 \text{ м}^3.$$

Промивань на добу два, таким чином загальний розхід води на власні потреби установки на добу складе $244,8 \cdot 2 = 489,6 \text{ м}^3/\text{доб}$ або $20,4 \text{ м}^3/\text{год}$.

ВАРІАНТИ ЗАДАЧ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗА РОЗДІЛОМ І

Вихідні дані наведені в таблицях.

Задача 1

Проектується водопідготувальна установка з відомою продуктивністю і вмістом суспендованих речовин брутто $850 \text{ м}^3/\text{год}$. Вихідна вода містить $60 - 80 \text{ мг/л}$ суспендованих речовин. Визначити кількість фільтрів, їхню продуктивність та інші техніко-економічні показники установки:

Таблиця 1

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Продуктивність брутто $Q_{\text{б}}, \text{ м}^3/\text{год}$	800	720	890	780	840
Концентрація суспендованих речовин, $C_{\text{с}}, \text{ мг/л}$	55	60	72	65	85
Вишина шару фільтруючого матеріалу, $h_0, \text{ м}$	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Грязеємність фільтруючого матеріалу, $G_{\text{р}}, \text{ кг/м}^3$	4	3,5	4	3	4

Задача 2

Визначити, яку кількість освітленої води можна отримати від фільтрувальної установки при заданих вихідних даних.

Таблиця 2

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Кількість фільтрів $m_0, \text{ шт.}$	12	10	8	6	10
Діаметр фільтру, $d_{\text{ф}}, \text{ м}$	2,6	3	2,6	3	2,6
Вишина шару фільтруючого матеріалу, $h_0, \text{ м}$	0,9	1,1	1,2	1,0	0,9
Концентрація суспендованих речовин, $C_{\text{с}}, \text{ мг/л}$	80	90	75	60	110

Задача 3

Визначити добовий розхід води на промивання фільтрів при заданій їхній кількості і діаметрі, а також відомою продуктивністю фільтрувальної установки. Кількість промивань на добу – дві.

Таблиця 3

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Кількість фільтрів m_0 , шт.	12	10	8	6	10
Діаметр фільтру, d_ϕ , м	2,6	3	2,6	3	2,6
Продуктивність брутто Q_0 , м ³ /год	180	250	200	160	220
Інтенсивність промивання, i_0 л/(м ² ·с)	12	12	8	12	8
Час промивання, t'_0 , хв.	6	4	6	6	6

Задача 4

Визначити тривалість фільтроциклу при освітленні води.

Таблиця 4

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Концентрація суспендованих речовин, C_g мг/л	90	100	80	116	85
Швидкість фільтрування, v_0 , м/год	5	10	7	10	6
Грязеємність фільтруючого матеріалу, G_p , кг/м ³	4	3,5	4	3	4

РОЗДІЛ II

ОБРОБКА ВОДИ РЕАГЕНТАМИ – ОСАДКОУТВОРЮВАЧАМИ

Вапнування застосовують у випадках, коли необхідно знизити лужність вихідної води. При вапнуванні руйнується іон HCO_3^- , тобто знижується лужність вихідної води, з неї видаляється магній, розчинена CO_2 , знижується сухий залишок та жорсткість.

Для характеристики якості природних вод, які обробляються вапном, має суттєве значення відношення

$$C_{\text{Ca}^{2+}} / C_{\text{HCO}_3^-} = A. \quad (2.1)$$

За його значенням природні води можуть бути розділені на дві групи: **I** – $A \geq 1$, **II** – $A < 1$. Вапнування може здійснюватися у двох режимах: гідратному та карбонатному. За першого режиму доза Ca(OH)_2 розраховується на зв'язування CO_2 , HCO_3^- , а також на повне осаження магнію та дозу коагулянту

$$R'_{\text{из}} = \text{Щ}_{\text{и.в}} + \Delta C_{\text{Mg}} + C_{\text{CO}_2} + d_k + \alpha. \quad (2.2)$$

При другому (карбонатному) режимі

$$\left. \begin{aligned} R''_{из} &= \text{Щ}_{u.6} + C_{CO_2} + d_k + \alpha; & A \geq 1 \\ R'''_{из} &= 2\text{Щ}_{u.6} - C_{Ca} + C_{CO_2} + d_k + \alpha; & A < 1 \end{aligned} \right\}. \quad (2.3)$$

Розбіжність цих режимів полягає в тому, що в першому весь наявний у воді магній осаджується у вигляді $\text{Mg}(\text{OH})_2$, в той час як у другому режимі осадження магнію намагаються звести до мінімуму.

При вапнуванні карбонатна жорсткість (лужність) вихідної води знижується до 0,5 – 1,0 мг-екв/л. Сухий залишок вапнованої води знижується за рахунок видалення CaCO_3 і $\text{Mg}(\text{OH})_2$ та дорівнює:

При $C_{Ca^{2+}}/C_{HCO_3^-} \geq 1$

$$S_{из} = S_{u.6} - 50(\text{Щ}_0 - \text{Щ}'_k) + 8C_{Mg^{2+}} + 48d_k + 37\alpha - 3,5\Delta Q_k; \quad (2.4)$$

$$S_{из} = S_{u.6} - 50(\text{Щ}_0 - \text{Щ}'_k) + 8\Delta C_{Mg^{2+}} + 48d_k + 37\alpha - 3,5\Delta Q_k; \quad (2.4a)$$

При $C_{Ca^{2+}}/C_{HCO_3^-} < 1$

$$S_{из} = S_{u.6} - (C_{Ca^{2+}} - \text{Щ}'_k) - 42(\text{Щ}_0 - C_{Ca^{2+}}) + 8C_{Mg^{2+}} + 48d_k - 3,5\Delta Q_k + 37\alpha; \quad (2.5)$$

$$S_{из} = S_{u.6} - 50(C_{Ca^{2+}} - \text{Щ}'_k) - 42(\text{Щ}_0 - C_{Ca^{2+}}) + 8\Delta C_{Mg^{2+}} + 48d_k + 37\alpha - 3,5\Delta Q_k; \quad (2.5a)$$

де: $\text{Щ}'_k$ – карбонатна лужність вапнованої води, мг-екв/л;

$\Delta C_{Mg^{2+}}$ – кількість видаленого магнію, мг-екв/л; α – надлишок $\text{Ca}(\text{OH})_2$;

ΔQ_k – зниження окислюваності, мг/л; d_k – доза коагулянту мг/л;

$C_{Mg^{2+}}, C_{Ca^{2+}}$ – концентрація магнію та кальцію у вихідній воді, мг-екв/л;

$\text{Щ}_0, C_{CO_2}$ – лужність та концентрація CO_2 у вихідній воді, мг-екв/л.

Формули (2.4) та (2.5) враховують гідратний режим, (2.4a) (2.5a) – карбонатний.

Остаточна лужність вапнованої води примірно дорівнює:

$$\text{Щ}_{ост} = (0,5 \div 1,0) + \alpha; \quad (2.6)$$

де α – надлишок $\text{Ca}(\text{OH})_2$ зазвичай приймається в межах від 0,2 до 0,3 мг-екв/л.

Загальна жорсткість вапнованої води також знижується і становить

$$\mathcal{J}_{из} = \mathcal{J}_{нк} - \text{Щ}_{ост}. \quad (2.7)$$

Содовапнування. Цей засіб є універсальним, тобто содою та вапном можуть оброблятися води будь-якого складу. Вапном видаляється (знижується) жорсткість карбонатна \mathcal{J}_k , магнієва $C_{Mg^{2+}}$ і CO_2 . Некарбонатна жорсткість, яка містить після вапнування здебільшого сполуки кальцію, видаляється Na_2CO_3 . Розхід вапна визначається (2.2), (2.3) а розхід соди (2.8) та (2.9):

$$R_{сд} = \mathcal{J}_{нк} + d_k + \beta, \quad (2.8)$$

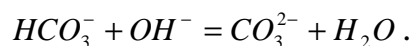
$$q_{сд} = \frac{5,3Q_{u.6}R_{сд}}{C_{сд}}, \quad (2.9)$$

де: $R_{сд}, q_{сд}$ – розхід вапна мг-екв/л, кг/год;

β – надлишок соди, приймається в межах 1 – 1,5 мг-екв/л;

$C_{сд}$ – вміст Na_2CO_3 у технологічному продукті, %.

При обробці води їдким натром **NaOH** іони **HCO₃⁻** перетворюються на **CO₃²⁻**:



Кількість утворюючихся іонів **CO₃²⁻** дорівнює $2\text{Щ}_0 + C_{\text{CO}_2}$. Якщо надлишок іонів **CO₃²⁻** в ум'ягшеній воді складає β , то

$$2\text{Щ}_0 + C_{\text{CO}_2} = C_{\text{Ca}^{2+}} + \beta. \quad (2.10)$$

Якщо $2\text{Щ}_0 + C_{\text{CO}_2} > C_{\text{Ca}^{2+}} + \beta$, то до обробляної води необхідно добавляти іони **Ca²⁺** для зв'язування надмірної кількості **CO₃²⁻**. При $2\text{Щ}_0 + C_{\text{CO}_2} < C_{\text{Ca}^{2+}} + \beta$ буде відчуватися надзалишок **CO₃²⁻** для зв'язування наявного **Ca²⁺**. Тому у воду слід ввести **Na₂CO₃**, і тільки за умов виконання рівняння (2.10) обробка може вестися одним **NaOH**. Розхід реагентів визначається по формулам, наведеним нижче:

$$\left. \begin{aligned} R_{\text{NaOH}} &= 40(\text{Щ}_0 + C_{\text{Mg}}^* + C_{\text{CO}_2} + d_k + \alpha) \\ R_{\text{NaOH}} &= 40(\text{Щ}_0 + C_{\text{Mg}} + C_{\text{CO}_2} + d_k + \alpha); \\ R_{\text{Na}_2\text{CO}_3} &= 53(C_{\text{Ca}} - 2\text{Щ}_0 - C_{\text{CO}_2} + \beta) \\ R_{\text{Ca}^{2+}} &= 28(2\text{Щ}_0 + C_{\text{CO}_2} - C_{\text{Ca}} - \beta) \\ R_{\text{NaOH}} &= 40(\text{Щ}_{\text{нк}} + d_k + \alpha + \beta) \end{aligned} \right\} \quad (2.11)$$

де: $C_{\text{Mg}}^* = C_{\text{Mg}^{2+}}$, $C_{\text{Ca}} = C_{\text{Ca}^{2+}}$

ПРИКЛАДИ ЗАДАЧ ЗА РОЗДІЛОМ II

Задача 2.1.

Вапняна вода наступного складу, мг-екв/л: $C_{\text{Ca}^{2+}} = 3,0$; $\text{Щ}_0 = 3,5$; $C_{\text{CO}_2} = 0,2$.

Доза FeSO_4 $d_k = 0,4$, $\alpha = 0,1$ мг-екв/л. Визначити кількість осаджуваного магнію при карбонатному режимі вапнування та дозу вапна.

Рішення. Вихідна вода відноситься до другої групи. Кількість осаджуваного магнію складає

$$\text{Щ}_0 - C_{\text{Ca}} = 3,5 - 3 = 0,5 \text{ мг-екв/л.}$$

Отже, доза вапна визначається за (2.3):

$$R_{\text{из}}''' = 2 \cdot 3,5 - 3 + 0,2 + 0,4 + 0,1 = 4,7 \text{ мг-екв/л.}$$

Задача 2.2.

Вапняна водоочистка продуктивністю 60 м³/год розходує за добу 432 кг вапна, містячого 50% СаО. Визначити питомий розхід 100% вапна, якщо якість обробляної води $C_{\text{CaO}} = 105$ мг/л; $C_{\text{MgO}} = 25$ мг/л; $\text{Щ}_{\text{из}} = 2,4$ мг-екв/л.; концентрація розчиненої $\text{CO}_2 = 18$ мг/л. Надлишок вапна прийняти 0,3 мг-екв/л; доза коагулянту $d_k = 0$ мг-екв/л. Визначити кількість осаджуваного магнію при карбонатному режимі вапнування та дозу вапна.

Рішення. Розхід 100 % вапна складає $432 \cdot 0,5 = 216$ кг/доб або 216 /

$$24 = 9 \text{ кг/год.}$$

Знайдемо потрібну кількість вапна для обробки води за (2.2):

$$R'_{из} = 2,4 + \frac{25}{20} + \frac{18}{22} + 0,3 = 4,77 \text{ мг-екв/л.}$$

Отже, питомий розхід вапна складе:

$$\begin{aligned} 9/60 \cdot 10^3 &= 150 \text{ г/м}^3 \\ 150/4,77 &= 31,4 \text{ г/г-екв.} \end{aligned}$$

Задача 2.3.

Визначити розхід вапна CaO при гідратному та карбонатному режимах вапнування для води з вихідними параметрами: $Ж_0 = 4,5$ мг-екв/л, $Ж_{Ca} = 3,2$ мг-екв/л, $Щ_0 = 2,5$ мг-екв/л; $C_{CO_2} = 0,3$, мг-екв/л, $d_k = 0$.

Рішення. Розхід вапна визначаємо за (2.2) та (2.3).

При гідратному режимі

$$R'_{из} = 2,5 + 1,3 + 0,3 + 0,2 = 4,3 \text{ мг-екв/л;}$$

При карбонатному режимі

$$R''_{из} = 2,5 + 0,3 + 0,2 = 3,0 \text{ мг-екв/л.}$$

Таким чином, при карбонатному режимі розхід вапна знижується на 30 %, що досить суттєво.

Задача 2.4.

Визначити засіб обробки и розхід реагентів для води, склад якої:

$Щ_0 = 2,8$ мг-екв/л; $C_{Ca^{2+}} = 3,2$ мг-екв/л, $C_{Mg^{2+}} = 1,0$ мг-екв/л; $C_{CO_2} = 0,3$, мг-екв/л, $\alpha = 0,2$, $\beta = 1$.

Рішення. Перевіряємо умову (2.10):

$$2Щ_0 + C_{CO_2} > C_{Ca^{2+}} + \beta.$$

Отже, обробку треба вести $NaOH$. Визначаємо дозу луги за рівнянням

$$q_{NaOH} = Щ_0 + C_{Mg^{2+}} + C_{Ca^{2+}} + \alpha = 2,8 + 1 + 3,2 + 0,2 = 7,2 \text{ мг-екв/л.}$$

Задача 2.5.

Визначити розхід реагентів і якість вапнованої води при вапнуванні вихідної води наступного складу:

$Щ_0 = 4,2$ мг-екв/л; $C_{Ca^{2+}} = 4,2$ мг-екв/л, $C_{Mg^{2+}} = 1,2$ мг-екв/л; $C_{CO_2} = 0,3$, мг-екв/л, $\alpha = 0,2$, $\beta = 1$. $S_{ув} = 350$ мг /л, $O_k = 10$ мг /л O_2 .

Вапнування здійснюється по карбонатному режиму при $d_k = 0,4$ мг /л $FeSO_4$.

Рішення. Дозу CaO визначаємо згідно (2.2) для $A=1$. У цьому прикладі необхідно ввести гідратний режим вапнування з повним осадженням магнію. В цьому випадку сухий залишок вапнованої води згідно (2.4) дорівнює:

$$\begin{aligned} S_{из} &= 350 - 50(4,2 - 0,7) + 8 \cdot 1,2 + 48 \cdot 0,4 + 37 \cdot 0,3 - 3,5 \cdot 10 = 170 \text{ мг /л} \\ R'_{из} &= 4,2 + 1,2 + 0,3 + 0,4 + 0,3 = 6,4 \text{ мг-екв/л.} \end{aligned}$$

Розхід $FeSO_4$ з урахуванням семи молекул кристалізованої води дорівнює:

$$q_k = \frac{1,83 \cdot d_k \cdot 7 \cdot 10^2}{p_k \cdot 10^3} = \frac{0,4 \cdot 75,9 \cdot 1,83}{98 \cdot 10} = 0,057 \text{ кг/м}^3$$

ВАРІАНТИ ЗАДАЧ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗА РОЗДІЛОМ II

Вихідні дані наведені в таблицях.

Задача 1

Визначити кількість осаджуваного магнію при карбонатному режимі вапнування і дозу вапна. Вихідні дані наведені в табл. 2.1

Таблиця 2.1

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Концентрація в воді кальцію $C_{Ca^{2+}}$ мг-екв/л	3,0	7,5	4,5	5,2	840
Загальна лужність води, $Щ_0$, мг-екв/л	3,2	4	3,8	3,2	3,5
Концентрація розчиненого у воді вуглецю, C_{CO_2}	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3
Доза $FeSO_4$ d_k , мг-екв/л	0,4	0,45	0,4	0,45	0,4

Задача 2

Вапняна водоочистка продуктивністю 80 м³/год розходоує на добу 320 кг вапна, містячого 50% СаО. Визначити питомий розхід 100% вапна для вихідних даних наведених у табл. 2.2. Надлишок вапна прийняти 0,3 мг-екв/л;

Таблиця 2.2

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Концентрація оксида кальцію C_{CaO} мг/л	100	110	105	120	100
Лужність вапнованої води, $Щ_{ув}$, мг- екв/л	3,2	2,4	2,8	3,0	2,5
Концентрація розчиненого у воді вуглецю, CO_2 , мг/л	18	17	20	16	15
Доза коагулянту d_k , мг-екв/л	0,1	0,15	0,1	0,3	0,22

Задача 3

Визначити розхід вапна CaO при гідратному та карбонатному режимах вапнування для води з вихідними параметрами, наведеними в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Загальна жорсткість, J_0 , мг-екв/л	4	4,2	5,0	4,5	4,6
Загальна лужність, $Щ_0$, мг-екв/л	2,5	2,4	2,5	2,4	2,3
Концентрація розчиненого у воді вуглецю, CO_2 , мг/л	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Концентрація кальцію $C_{Ca^{2+}}$ мг-екв/л	2,9	2	2,5	2,8	2,1

Задача 4

Визначити розхід реагентів і засіб обробки води, склад якої наведений в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Концентрація магнію $C_{Mg^{2+}}$ мг-екв/л	1,1	1,2	1,0	1,5	1,6
Загальна лужність, $Щ_0$, мг-екв/л	2,5	2,8	2,5	2,8	2,8
Концентрація розчиненого у воді вуглецю, CO_2 , мг/л	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Концентрація кальцію $C_{Ca^{2+}}$ мг-екв/л	3,5	3,3	3,2	3,5	3,1
Надлишок соди β	1	1,2	1	1,2	1
Надлишок $Ca(OH)_2$, α	0,2	0,22	0,25	0,23	0,25

Задача 5

Визначити розхід реагентів і якість вапнованої води при вапнуванні вихідної води наступного складу, табл. 2.5. Вапнування проводиться по карбонатному режиму при $d_k = 0,4$ мг/л $FeSO_4$.

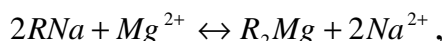
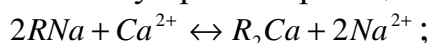
Таблиця 2.5

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Концентрація магнію $C_{Mg^{2+}}$ мг-екв/л	1,1	1,2	1,0	1,5	1,6
Загальна лужність, $Щ_0$, мг-екв/л	4,2	4,5	4,2	4,5	4,3
Концентрація розчиненого у воді вуглецю, CO_2 , мг/л	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Концентрація кальцію $C_{Ca^{2+}}$ мг-екв/л	4,0	4,1	4,2	4,5	4,1
Сухий залишок вапнованої води, $S_{ув}$, мг /л	330	360	355	340	350
Надлишок соди β	1	1,2	1	1,2	1
Надлишок $Ca(OH)_2$, α	0,2	0,22	0,25	0,23	0,25

РОЗДІЛ III

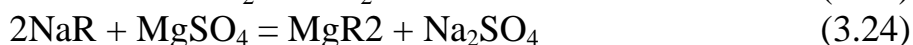
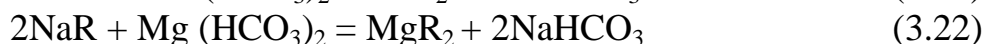
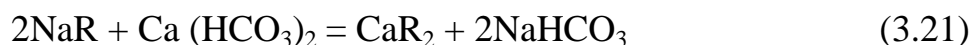
ОБРОБКА ВОДИ МЕТОДОМ ІОННОГО ОБМІНУ

При фільтруванні жорсткої води через шар катіоніту в результаті іонного обміну Ca^{2+} , Mg^{2+} і інші катіони, що знаходяться у воді, поглинаються катіонітом, а замість них у розчин переходять іони Na^+ , що раніше втримувалися у катіоніті. На поверхні зерен катіоніту протікає реакція обміну іонів:



де R-матриця з фіксованими зарядами без обмінного іону, що вважається одновалентним [6].

Обробка води методом натрій-катіонування полягає у фільтруванні води через шар катіоніту, що містить як обмінні іони катіони натрію. Катіоніти поглинають з води іони Ca^{2+} і Mg^{2+} , що обумовлюють її жорсткість, а у воду переходить з катіоніту еквівалентна кількість іонів натрію (Na^+) по наступних реакціях:



де R - складний комплекс катіоніту (або його «нерухливий аніон»), практично не розчинний у воді.

При натрій-катіонуванні значення лужності зм'якшеної води не змінюється, а сухий залишок води трохи зростає, що є недоліком цього

процесу. Не змінюється також і аніонний склад води, тобто вміст Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , SiO_3^{2-} і інші. Здійснюється лише перехід важко розчинних кальцієвих і магнієвих солей у легкокорозинні натрієві, не здатні до утворення накипів.

Реакції іонного обміну оборотні, тому при високій концентрації іонів Na^+ у розчині, що стикається з катіонітом, що містить іони Ca^{2+} і Mg^{2+} реакція ланцюга у зворотньому напрямку (праворуч - ліворуч). Цей процес використовується для регенерації виснаженого катіоніту шляхом витиснення з нього раніше поглинених іонів кальцію та магнію концентрованим розчином повареної солі (NaCl).



Оптимальна концентрація розчину солі при регенерації катіоніта становить 6-8%. Оптимальна швидкість фільтрування регенераційного розчину становить 4-6м/год (при високому шарі катіоніта 1,5-2,0 м.).

Повна динамічна обмінна ємність всього шару катіоніта (ДОЕ) г-екв, визначається за формулою:

$$E_p = f \cdot v \cdot T \cdot \mathcal{K}_{ув} \quad (3.1)$$

де: f – площа фільтру, м^2 ;

T – тривалість фільтрування до проскоку, год;

$\mathcal{K}_{ув}$ – жорсткість вихідної води, г-екв/ м^3 ;

v – швидкість фільтрування води, м/год;

Якщо E_p розділити на об'єм катіоніту в фільтрі $w_k = f \cdot h_k$, отримаємо **робочу питому обмінну ємність**, e_p , г-екв/ м^3 :

$$e_p = \frac{E_p}{f h_k} = \frac{v_k \cdot T \cdot \mathcal{K}_{ув}}{h_k} \quad (3.2)$$

де: h_k – вишина шару катіоніта в фільтрі, м.

З цього рівняння можна визначити межрегенераційний період роботи фільтру T , год:

$$T = \frac{e_p \cdot h_k}{v_k \cdot \mathcal{K}_{ув}} \quad (3.3)$$

Відомо, що значення ДОЕ іоніту не є постійним, бо вона залежить від концентрації, швидкості, вишини фільтруючого шару, питомого розходу регенеруючого агента та інших чинників. У більшості випадків необхідно знати вишину робочої зони фільтру, бо вона залежить від швидкості і впливає на робочий період фільтру. Вишина робочої зони фільтру визначається:

$$h_{p.з.} = 4 \cdot 10^{-2} v_k \cdot d_k^2 \cdot 2.3 \lg \mathcal{K}_{ув} \quad (3.4)$$

Якщо в катіонітовий фільтр завантажено $w_k = f \cdot h_k$ іоніту з обмінною ємністю e_p , то фільтр може пом'якшити води, $\text{м}^3/\text{год}$:

$$q_k = \frac{f \cdot h_k \cdot e_p}{T \cdot \mathcal{K}_{ув}} \quad (3.5)$$

Необхідна площа фільтрування катіонітових фільтрів, м, визначається

$$F_k = \frac{24 \cdot Q_{\text{ок}}}{v_k (24 - n_k t_k)}, \quad (3.6)$$

де: $Q_{\text{ок}}$ - продуктивність установки по вихідній воді (брутто), м³/год;
 n_k - кількість регенерацій на добу;
 t_k - час простою фільтрів в регенерації, год.

В свою чергу, кількість регенерацій може бути визначена:

$$n_k = \frac{24 \cdot \mathcal{K}_{\text{ув}} \cdot Q_{\text{ок}}}{w_k \cdot e_p}. \quad (3.7)$$

Необхідну кількість працюючих фільтрів m_k , знаючи F_k , можна визначити за формулою:

$$m_k = \frac{F_k}{0,785 \cdot d^2} = \frac{Q_{\text{ок}} \cdot K}{v_k \cdot 0,785 \cdot d^2} = \frac{Q_{\text{ок}} \cdot K}{q_k}. \quad (3.8)$$

Розхід солі, кг, на регенерацію одного фільтра:

$$q_c = e_p \cdot h_k \cdot \gamma_c \cdot f \cdot 10^{-3} \text{ кг}, \quad (3.9)$$

де: γ_c - питомий розхід солі, г/г-екв. Для фільтрів пешого ступеню γ_c приймають рівним 120-150 г/г-екв.

Кількість води для розчинення солі складе:

$$Q_p = \frac{q_c \cdot 100}{1000 \cdot p \cdot b} \text{ м}^3, \quad (3.10)$$

де: p - щільність розчину солі, кг/м³,
 b - концентрація розчину, %.

Розхід води на розпушування фільтру:

$$Q_{\text{взр}} = \frac{i \cdot f \cdot 60 \cdot t_{\text{взр}}}{1000} \text{ м}^3, \quad (3.11)$$

де: i - інтенсивність подавання води для розпушування, л/с·м².
 $t_{\text{взр}}$ - час розпушування, хв.

Розхід води на відмивання катіоніту від продуктів регенерації:

$$Q_{\text{отм}} = q_{\text{отм}} \cdot f \cdot h_k \text{ м}^3, \quad (3.12)$$

де: $q_{\text{отм}}$ - питомий розхід води на відмивання катіоніту, м³/м³ приймаємо рівним для КУ-2-8 – 6 м³/м³.

Загальний розхід води на власні потреби фільтру складається з розходу води на підготування регенераційного розчину, розпушування, відмивання від продуктів регенерації і визначається:

$$Q_O = Q_p + Q_{\text{взр}} + Q_{\text{отм}}, \text{ м}^3. \quad (3.13)$$

ПРИКЛАДИ ЗАДАЧ ЗА РОЗДІЛОМ III

Задача 3.1.

Вихідна жорсткість води $J_{\text{ув}} = 7$ мг-екв/л, діаметр зерна катіоніту 0,6 мм. Для швидкості фільтрування 12 м/год визначити вишину робочої зони.

Рішення. Визначаємо довжину робочої зони згідно (3.4):

$$h_{\text{р.з.}} = 4 \cdot 10^{-2} v_k \cdot d_k^2 \cdot 2.31 \lg J_{\text{ув}} = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 0,6^2 \cdot 2.31 \lg 7 = 0,28 \text{ м.}$$

Задача 3.2.

Проектується натрій-катіонітова установка продуктивністю 600 м³/год для ум'ягшення води наступного складу: вихідна жорсткість $J_{\text{ув}} = 5,2$ мг-екв/л. Остаточна жорсткість ум'ягшеної води повинна бути не більше за 5 мкг-екв/л. В якості загрузки використовується сульфовугілля з $e_p = 300$ г-екв/м³. Швидкість фільтрування 15 м/год, а вишина шару катіоніту $h_k = 2,5$ м. Час простою фільтрів в режимі регенерації t_k приймається 1,8 год. Ум'ягшена вода подається на технологічні потреби підприємства. Визначити основні технологічні показники установки: кількість фільтрів, їхню продуктивність, розхід повареної солі.

Рішення. Визначаємо межрегенераційний період роботи фільтру T , (3.3):

$$T = \frac{300 \cdot 2,5}{15 \cdot 5,2} = 9,6 \text{ год.}$$

Визначимо необхідну площу фільтрування катіонітових фільтрів згідно (3.6).

$$F_k = \frac{24 \cdot 600}{15 \cdot (24 - 2,1 \cdot 1,8)} = 47, \text{ м}^2$$

Необхідну кількість працюючих фільтрів m_k визначимо (3.8):

$$m_k = \frac{9,6 + 1,8}{1,8} = 6,4.$$

Встановлюємо сім фільтрів і один резервний. Тоді продуктивність кожного фільтру складе: $600 / 7 = 86$ м³/год. Приймаємо фільтри діаметром 3 м і площею 7,1 м². Фактична підсумована поверхня працюючих фільтрів складе 49,5 м², а швидкість фільтрування $600/49,5 = 12,1$ м/год.

Розхід солі на одну регенерацію при $\gamma_c = 180$ г/г-екв згідно (3.9) складе:

$$q_c = 300 \cdot 2,5 \cdot 180 \cdot 7,1 \cdot 10^{-3} = 960 \text{ кг.}$$

Щомісячна потреба в солі дорівнює $960 \cdot 30 = 350$ т. Для забезпечення заданої жорсткості ум'ягшеної води приймаємо двохступеневе На-катіонування.

Задача 3.3.

Фільтр завантажений катіонітом КУ-2-8, маючим $e_p = 950$ г-екв/м³. Вихідна жорсткість води $J_{\text{ув}} = 8,2$ мг-екв/л. Швидкість фільтрування 18 м/год, а вишина шару катіоніта $h_k = 2$ м. Ум'ягшена вода надходить на технологічні потреби підприємства. Визначити межрегенераційний період роботи фільтру.

Рішення. Межрегенераційний період роботи фільтру T визначається

згідно (3.3):

$$T = \frac{950 \cdot 2}{18 \cdot 8,2} = 12,8 \text{ год.}$$

Задача 3.4.

Катіонітовий фільтр діаметром 2,6м працює зі швидкістю фільтрування 15 м/год. Вишина шару сульфовугілля складає 2,5м, обмінна ємність його $e_p = 330$ г-екв/м³. Вихідна жорсткість води $J_{\text{вх}} = 3,5$ мг-екв/л. Визначити розрахунковий розхід води на власні потреби фільтру, розхід солі на регенерацію при $\gamma_c = 180$ г/г-екв, міжрегенерацийний період та продуктивність фільтра за годину, якщо концентрація регенераційного розчину дорівнює 6 %. Простий фільтру у регенерації 2 год.

Рішення. Площа фільтру при діаметрі 2,6 м дорівнює 5,3 м².

Визначаємо міжрегенерацийний період роботи фільтру T , (3.3):

$$T = \frac{330 \cdot 2,5}{15 \cdot 3,5} = 15,7 \text{ год.}$$

Розхід солі, кг, на регенерацію одного фільтру визначається згідно (3.9):

$$q_c = 330 \cdot 2,5 \cdot 180 \cdot 5,3 \cdot 10^{-3} \approx 800 \text{ кг.}$$

Продуктивність фільтру за годину $q_k = 15 \cdot 5,3 \approx 80$ м³/год.

Кількість води на підготування солі визначається згідно (3.10):

$$Q_p = \frac{800}{10 \cdot 1,04 \cdot 6} = 12,8 \text{ м}^3,$$

розхід води на розпушування фільтру (3.11) :

$$Q_{\text{взр}} = \frac{12 \cdot 5,3 \cdot 15}{60} = 16 \text{ м}^3,$$

розхід води на відмивання катіоніту (3.12):

$$Q_{\text{отм}} = \frac{10 \cdot 5,3 \cdot 50}{60} = 44 \text{ м}^3$$

Загальний розхід води на власні потреби фільтру складається з розходу води на підготування регенераційного розчину, розпушування, відмивання від продуктів регенерації і визначається (3.13) :

$$Q_o = 12,8 + 16 + 44 = 72,8, \text{ м}^3. \text{ або } q'_{\text{сн}} = \frac{72,8}{80 \cdot 15,7} 100 = 6,1\% .$$

Задача 3.5.

Визначити допустиму швидкість фільтрування ум'ягшуваної води при зміні її жорсткості від 2 до 5 мг-екв/л.

Рішення. Прийmemo для розрахунку швидкість фільтрування 5, 10, 15, 20 м/год і $d_k = 0,7$ мм (для сульфовугілля). Згідно (3.4) визначаємо вишину робочої зони іонного обміну для різних значень жорсткості вихідної води і за результатами розрахунку будуймо графік, наведений на рис.1

Вишина робочої зони:

$$h_{p.z.} = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 0,7^2 \cdot 2,31 \lg 2 = 0,1 \text{ м}; \quad h_{p.z.} = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 0,7^2 \cdot 2,31 \lg 5 = 0,15 \text{ м.}$$

$$h_{p.z.} = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 0,7^2 \cdot 2,31 \lg 5 = 0,31 \text{ м}; \quad h_{p.z.} = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 0,7^2 \cdot 2,31 \lg 15 = 0,53 \text{ м.}$$

$$h_{p.з.} = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 15 \cdot 0,7^2 \cdot 2,3 \lg 5 = 0,47 \text{ м}; \quad h_{p.з.} = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 15 \cdot 0,7^2 \cdot 2,3 \lg 15 = 0,79 \text{ м}.$$

Пунктирна лінія на рис.1 відсікає ділянку допустимих для сульфовугілля швидкостей. Дані рис. 1 дозволяють зробити важливий вивід щодо того, що при підвищенні швидкості фільтрування за високих значень $J_{ув}$ слід очікувати підвищення жорсткості фільтрату та більшого за ранішній, непропорційного підвищення $J_{ув}$ від вимкнення фільтру на регенерацію за рахунок підвищення величини робочої зони $h_{p.з.}$.

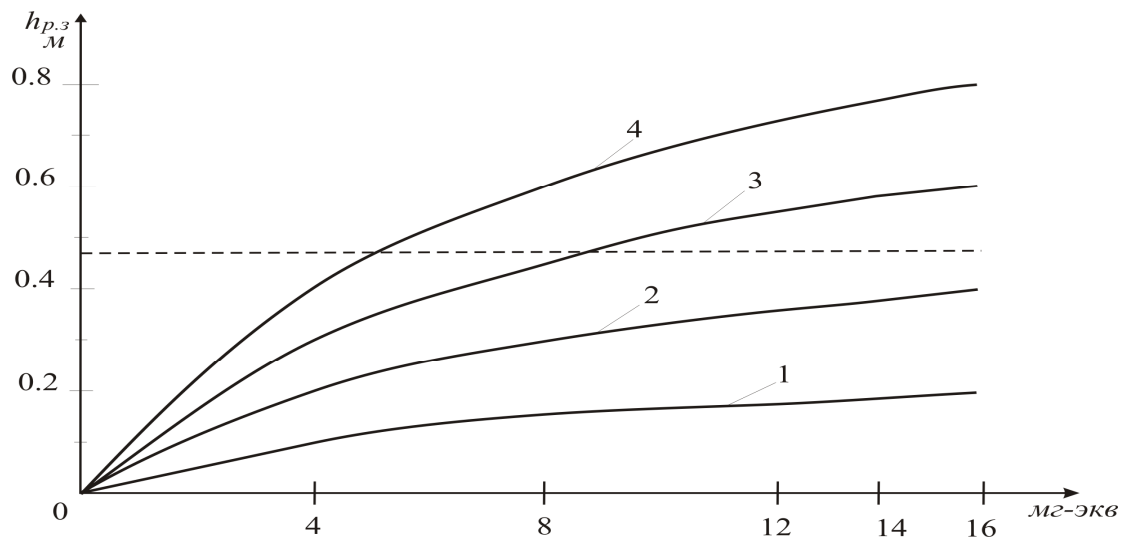


Рис. 4. – Залежність висоти робочої зони для КУ-2-8 від жорсткості оброблюваної води при різних швидкостях фільтрування:
1– 5; 2– 10; 3 – 15; 4– 20 м/год.

ВАРІАНТИ ЗАДАЧ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗА РОЗДІЛОМ III

Вихідні дані наведені в таблицях.

Задача 3.1

Визначити висину робочої зони за вихідними даними табл. 3.1 Вихідна жорсткість води $J_{ув} = 7$ мг-екв/л, діаметр зерна катіоніту 0,6 мм. Для швидкості фільтрування 12 м/год визначити висину робочої зони.

Таблиця 3.1

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Вихідна жорсткість $J_{ув}$ мг-екв/л	7	9	6,5	8,2	5,5
Діаметр зерна катіоніту, мм	0,66	0,8	0,3	0,5	0,6
Швидкості фільтрування, м/год	11	8	12	15	14

Задача 3.2

Визначити основні технологічні показники натрій-катіонітової установки: число фільтрів, їхню продуктивність, розхід повареної солі. Вихідні дані

наведені в табл. 3.2

Таблиця 3.2

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Вихідна жорсткість $J_{ув}$ мг-екв/л	5	3,8	4,5	6,2	5,5
Робоча ємність катіоніту, e_p , г-екв/м ³	310	280	350	320	340
Швидкості фільтрування, м/год	11	10	12	15	14
Вишина шару катіоніту, h_k м	2	2,5	2	2,5	2,5
Час простою фільтрів в режимі регенерації, t_k	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

Задача 3.3

Визначити міжрегенераційний період роботи фільтру. Фільтр завантажений катіонітом КУ-2-8. Вихідні дані наведені в табл. 3.3

Таблиця 3.3

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Вихідна жорсткість $J_{ув}$ мг-екв/л	8	7,8	7,5	8,2	8,5
Робоча ємність катіоніту, e_p , г-екв/м ³	900	980	950	1000	940
Швидкості фільтрування, м/год	15	12	12	18	18
Вишина шару катіоніту, h_k м	2	2,5	2	2,5	2,5
Час простою фільтрів у режимі регенерації, t_k	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

Задача 3.4

Визначити розрахунковий розхід води на власні потреби фільтру, розхід солі на регенерацію при $\gamma_c = 180$ г/г-екв, міжрегенераційний період та продуктивність фільтру за годину, якщо концентрація регенераційного розчину дорівнює 6 %. Вихідні дані наведені в табл. 3.4

Таблиця 3.4

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Вихідна жорсткість $J_{ув}$ мг-екв/л	3,5	5,8	4,5	4,2	5,5
Робоча ємність катіоніту, e_p , г-екв/м ³	300	330	350	300	340
Швидкості фільтрування, м/год	15	15	12	10	10
Вишина шару катіоніту, h_k м	2	2,5	2	2,5	2,5
Діаметр фільтру, м	2,6	1,4	2	3	1

Задача 3.5

Для фільтрів діаметром d 1; 1,4; 2; 2,6; 3 м визначити кількість води, яка ум'ягшується фільтром кожного розміру за міжрегенераційний період. Визначити кількість солі, що витрачається на одну регенерацію фільтра кожного розміру, для вихідних даних, наведених у табл. 3.5

Таблиця 3.5

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Вихідна жорсткість $J_{ув}$ мг-екв/л	3	3,8	3,5	3,2	3,5
Робоча ємність катіоніту, e_p , г-екв/м ³	320	330	310	300	320
Питомий розхід солі, г-екв/ г-екв	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Вишина шару катіоніту, h_k м	1,1 d	1,1 d	1,1 d	1,1 d	1,1 d
Діаметр фільтру, м	1	1,4	2	2,6	3

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води / А. К. Запольський – К.:Вища школа, 2005. – 671 с.
2. Копилов А. С. Водопідготовка в енергетиці. / Копилов А. С., Лавигін В. М., Очков В. Ф. – М.: Зд –У МЭИ, 2003. – 309 с.
3. Душкін С. С., Сорокіна Е. Б., Благодарна Г. І. Водопостачання й каналізація: конспект лекцій. – Х.: ХДАДГ, 2001.
4. Водопідготовка: довідник. / Під ред. С. Е. Белікова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.
5. Громогласов А. А. Водопідготовка: Процеси та апарати: Учб. посібник для вузів / А. А. Громогласов, А. С. Копилов, А. П. Пільщиков; Під ред. О. И. Мартинової. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 272 с.
6. Водопостачання (Навчальний посібник) // [Найманов А. Я., Нікіша С. Б., Насонкіна Н. Г., та ін.] – Донецьк: Норд-комп'ютер, 2006 – 654 с.
7. Кишневський В. А. Сучасні методи обробки води в енергетиці: Навчальний посібник для студентів спеціальностей «Теплоенергетика», «Атомна енергетика» та експлуатаційного персоналу ТЕС і АЕС / В. А Кишневський. – Одеса: ОГПУ, 1999. – 196 с.
8. Когановський А. М. Адсорбція й іонний обмін у процесах водопідготовки й очищення стічних вод/ А. М. Когановський - К. : Наукова думка, 1983. – 240 с.
9. Процеси й апарати хімічної технології: [підручник в 2-х частинах]. / Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, А. П. ГВІДЛИНСЬКА. – Харків. : НТУ, «ХП», 2005. – 532 с.
10. Серпіонова Е. Н. Промислова адсорбція газів і пари: [учбов. посібник для студ. вищ. навч. закладів] / Е. Н. Серпіонова –М.: Вищ. шк., 1969. – 416 с.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з дисципліни

«ВОДОПІДГОТОВКА В СИСТЕМАХ ТГП і В»

(для студентів 6 курсу заочної форми навчання та слухачів другої вищої освіти спеціальностей 7.092108, 8.092108 (7.06010107, 8.06010107) «Теплогазопостачання і вентиляція»)

Укладачі: ТКАЧОВ В'ячеслав Олександрович
ЧУБ Ірина Миколаївна

Відповідальний за випуск *К. Б. Сорокіна*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *О. А. Балашова*

План 2011, поз. 131 М

Підп. до друку 15.11.2011
Друк на ризографі.
Зам.№

Формат 60х84/16
Ум. друк. арк. 1,47
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.